PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO ALTO TIETÊ: DIAGNÓSTICO E DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

Nabil ALAMEDDINE [1]
Kátia CANIL [2]
Fabrício Araujo MIRANDOLA [3]

RESUMO

O artigo apresenta os resultados obtidos no projeto Diagnóstico da Situação e Diretrizes para Prevenção e Controle dos Processos Erosivos como Base Técnica para Conservação dos Recursos Hídricos na Bacia do Alto Tietê, desenvolvido pela Seção de Processos e Riscos Geológicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT.

Tem por objetivo apresentar indicadores acerca da erosão na Bacia do Alto Tietê, a partir da caracterização das tipologias e regionalização dos padrões encontrados para tais processos, indicando medidas mitigadoras na prevenção e controle, com vistas à recuperação e conservação, bem como a obtenção de subsídios úteis à elaboração de políticas públicas.

Constam das etapas do projeto a consulta bibliográfica a respeito do tema; atividades de fotointerpretação na escala 1:15.000 e sua representação cartográfica em meio digital; trabalhos de campo e, por fim, tratamento dos dados e a análise das áreas com ocorrência de processos erosivos.

Com base na Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (IPT, 1984), foram pontuadas as feições erosivas e intervenções antrópicas, com objetivo de correlacionar os processos existentes às compartimentações geológico-geomorfológicas.

Ao todo, foram identificadas e caracterizadas 1244 áreas na bacia. Embora se tenha partido da caracterização individualizada por município, as medidas preventivas e corretivas propostas consideram que o gerenciamento das áreas deva ser realizado por bacia hidrográfica, como unidade de análise, ainda que ultrapasse os limites municipais.

Das feições observadas, destacam-se sulcos, ravinas, boçorocas, escorregamentos e solapamento de margens fluviais. Com relação às intervenções antrópicas foram reconhecidas áreas de empréstimo, movimento de terra, terrenos com superfície em exposição, áreas de mineração, áreas urbanas com baixa densidade de ocupação, com média densidade de ocupação, com alta densidade de ocupação e áreas parceladas.

Os dados foram sistematizados em banco de dados com as informações sobre os principais tipos de intervenções antrópicas presentes em cada município, associados à base cartográfica, em sistema georreferenciado (ambiente SIG), permitindo a atualização dos dados (inserção de novas feições que venham ser identificadas, indicação das áreas contempladas por obras de controle e áreas recuperadas), auxiliando o monitoramento destas.

INTRODUÇÃO

1 Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de São Paulo - IPT, nabil@ipt.br
2 Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de São Paulo - IPT, canilkat@ipt.br
3 Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Estado de São Paulo - IPT, fabricio@ipt.br

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (AT) corresponde a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Alto Tietê – UGRHI 6 (Política Estadual de Recursos Hídricos – Lei 7663/91). Delimitada geograficamente pelas latitudes 23º 15´S e 24º 00´S e longitudes 45º 45´W e 47º 00´W, a bacia abrange uma área de 5.985 km², o que equivale a aproximadamente 3,5% do Estado de São Paulo e 0,09% do território nacional. A Figura 1 ilustra a Bacia do AT e sua localização no Estado de São Paulo.

Dos 39 municípios que compreendem a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), 35 compõem a Bacia: Arujá, Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guarulhos, Itapecerica da Serra, Itapevi, Itaquaquecetuba, Jandira, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, São Paulo, Suzano e Taboão da Serra.

Sua área está dividida em seis sub-bacias hidrográficas, que correspondem a Tietê - Cabeceiras, com 1.694 km²; Cotia - Guarapiranga, com 965 km²; Pinheiros - Pirapora, com 569 km²; Juqueri - Cantareira, com 713 km²; Billings, com 1025 km²; e Penha – Pinheiros, com 1.019 km².

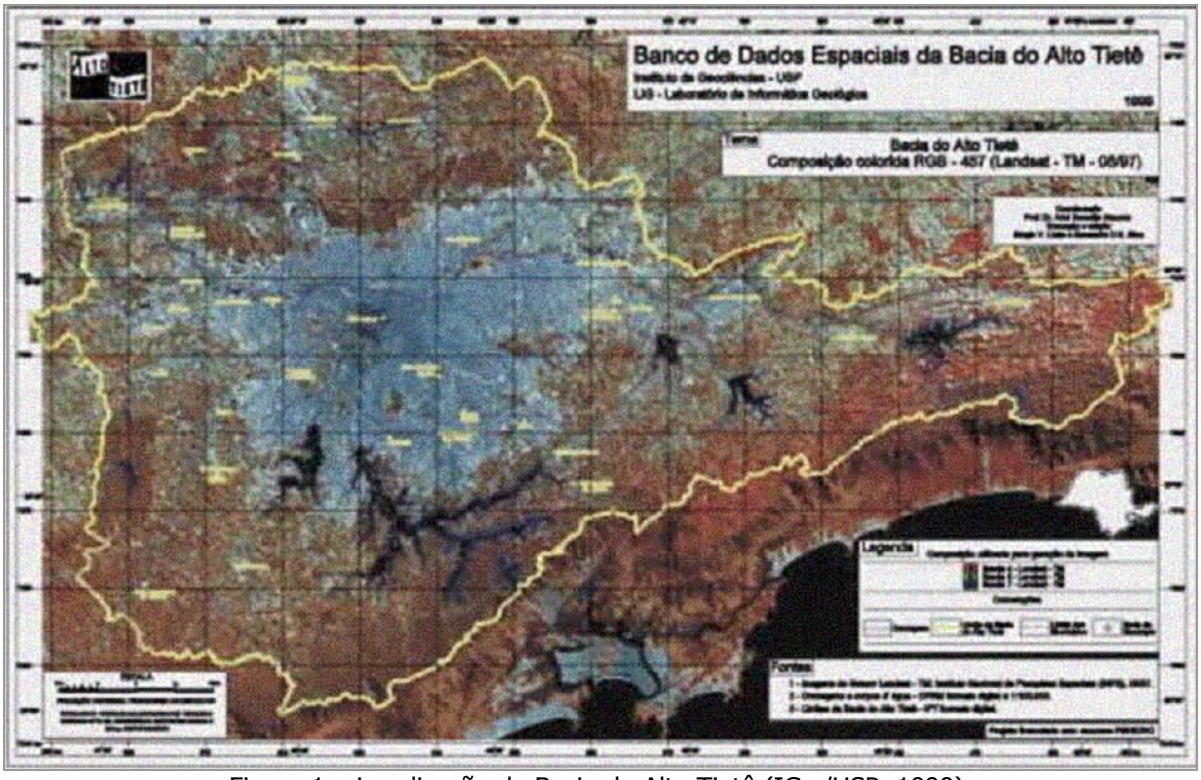

Figura 1 – Localização da Bacia do Alto Tietê (IGc /USP, 1999).

Segundo a Política Estadual de Recursos Hídricos, a Bacia do AT constitui uma unidade fisiográfica de gerenciamento dos recursos hídricos, possuindo colegiado gestor tripartite (Estado, Município e Sociedade Civil), denominado de Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (CBH-AT).

Outrossim, as sub-bacias também possuem colegiados gestores que reproduzem o modelo do Comitê e são denominadas de sub-comitê Tietê-Cabeceiras, sub-comitê Cotia-Guarapiranga, sub-comitê Pinheiros-Pirapora, sub-comitê Juqueri-Cantareira e sub-comitê Tietê-Billings. A sub-bacia Penha-Pinheiros não possui órgão colegiado gestor próprio, sendo gerenciada pelo próprio CBH-AT.

Segundo estudos do IPT (1981), a Bacia situa-se geomorfologicamente no Planalto Atlântico, caracterizada por uma região de terras altas, de topos convexos, com elevada

densidade de drenagem e vales profundos. A altimetria varia de 700 m a 900 m, sendo que esta diferença altimétrica promove uma condição energética favorável para a erosão e o transporte de sedimentos para os canais de drenagem. Assim, a declividade e a geomorfologia associadas às características litológicas dos terrenos são fatores condicionantes dos processos erosivos.

SANTOS & NAKAZAWA (1992) relatam que as áreas ocupadas, por vezes sem critérios específicos, em terrenos de rocha cristalina com relevo dissecado e solos de alteração vulneráveis à erosão, quando aliadas as formas de uso e ocupação com potencial erosivo condicionam maior produção de sedimentos. Decorrente de uma gestão não eficaz do uso e ocupação, de políticas habitacionais ineficientes, da falta de recursos para melhoria das condições de saneamento, entre outros, a Bacia do AT apresenta sérios problemas referentes aos seus recursos hídricos.

Compondo na análise o fator antrópico como agente modelador da paisagem (NIR, 1983), o desencadeamento de processos erosivos, aliados aos condicionantes climáticos, hidrológicos e geomorfológicos podem se intensificar sobretudo nas áreas de expansão urbana. Para a recuperação das áreas degradadas por esses processos são necessários recursos vultosos.

Desta forma, o trabalho apresenta um diagnóstico aos trinta e cinco municípios integrantes da bacia, propondo diretrizes para minimização dos impactos decorrentes da erosão.

MÉTODOS e TÉCNICAS

A primeira fase do trabalho consistiu no levantamento bibliográfico, com destaque aos projetos regionais desenvolvidos pelo IPT no ano de 1992. Para a identificação das áreas de ocorrência dos processos erosivos, foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1:15.000, do ano de 2001, da empresa Multispectral. Pela escala adotada, 2380 fotos recobrem a área de estudo, excetuando-se a porção da Serra da Cantareira, para a qual não foi realizado o levantamento aerofotogramético.

Com base em estudos anteriores (IPT, 2004), estabeleceu-se uma legenda para a identificação dos processos erosivos lineares e intervenções antrópicas associadas à produção de sedimentos (Tabela 1).

Tabela 1 - Legenda adotada para identificação de áreas de produção de sedimentos

Aspecto considerado	Caracterização
Processos erosivos	Sulcos; ravinas; boçorocas; escorregamento, solapamento de margem fluvial.
Intervenções antrópicas	Áreas de empréstimo; movimento de terra; terrenos com solo exposto; áreas de mineração; área urbana com baixa densidade de ocupação (com e sem infra-estrutura); área urbana com média densidade de ocupação (com e sem infra-estrutura); área urbana com alta densidade de ocupação (com e sem infra-estrutura); área parcelada.
Impactos	Assoreamento e inundação.

Após as atividades de identificação por meio das fotografias aéreas e prévia descrição, foram realizados trabalhos de campo para verificação das áreas, com objetivo de caracterizar a dinâmica dos processos erosivos e das alterações antrópicas associadas à produção de sedimentos.

As áreas identificadas foram alocadas na base topográfica com a utilização do software Geomedia Professional, tomando como referência, além dos pontos coletados por meio de

GPS (Sistema de Posicionamento Global), a morfologia do terreno, drenagens e o sistema viário.

Para cada área identificada na Bacia do AT atribuiu-se os seguintes dados: faixa de vôo, número da fotografia aérea para a localidade em questão, número de identificação da área e a sua respectiva descrição, as quais foram organizadas e agrupadas em banco de dados.

As 1244 áreas com feições erosivas e intervenções antrópicas reconhecidas a partir da fotointerpretação e trabalhos de campo foram espacializadas na base da Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (IPT, 1984), com o objetivo de verificar a relação entre os processos e as unidades do terreno na qual se encontram. Para tal etapa utilizou-se o software MapInfo (versão 6.5).

Por fim, realizou-se a análise regional da correlação entre os processos cadastrados e as unidades geotécnicas dos terrenos para a Bacia do Alto Tietê (Figura 2), enfocando as tipologias de processos por região (considerando os limites dos sub-comitês da bacia do AT).

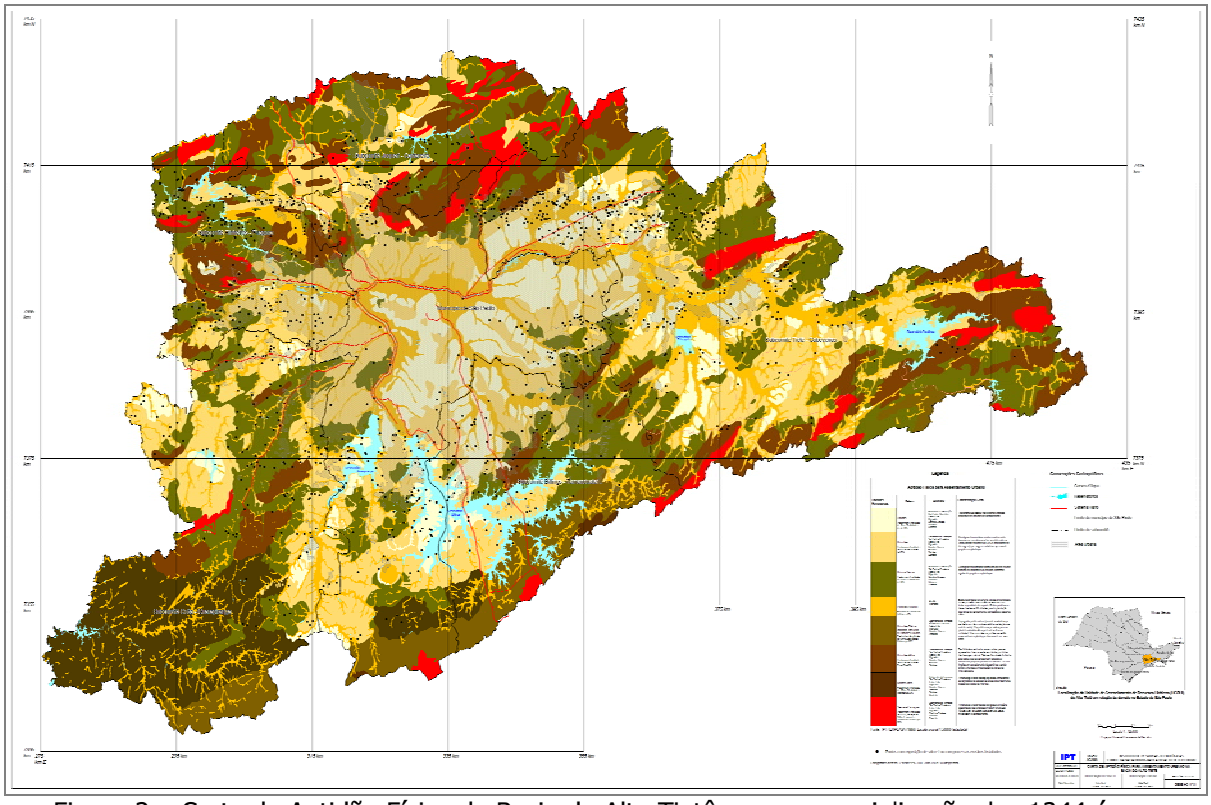

Figura 2 – Carta de Aptidão Física da Bacia do Alto Tietê com a espacialização das 1244 áreas mapeadas com presença de feições erosivas (IPT, 2004).

Seguindo ainda o mesmo procedimento realizado para a Bacia AT, a análise dos processos contemplou cada município que a compõe, visando orientar o controle delas e suas diretrizes para o uso e ocupação, atentando às particularidades de cada região. A Figura 3 ilustra um exemplo de mapeamento realizado para o município de Mairiporã (RMSP) com suas unidades geotécnicas, feições erosivas e intervenções antrópicas verificadas no Município de Mairiporã (RMSP).

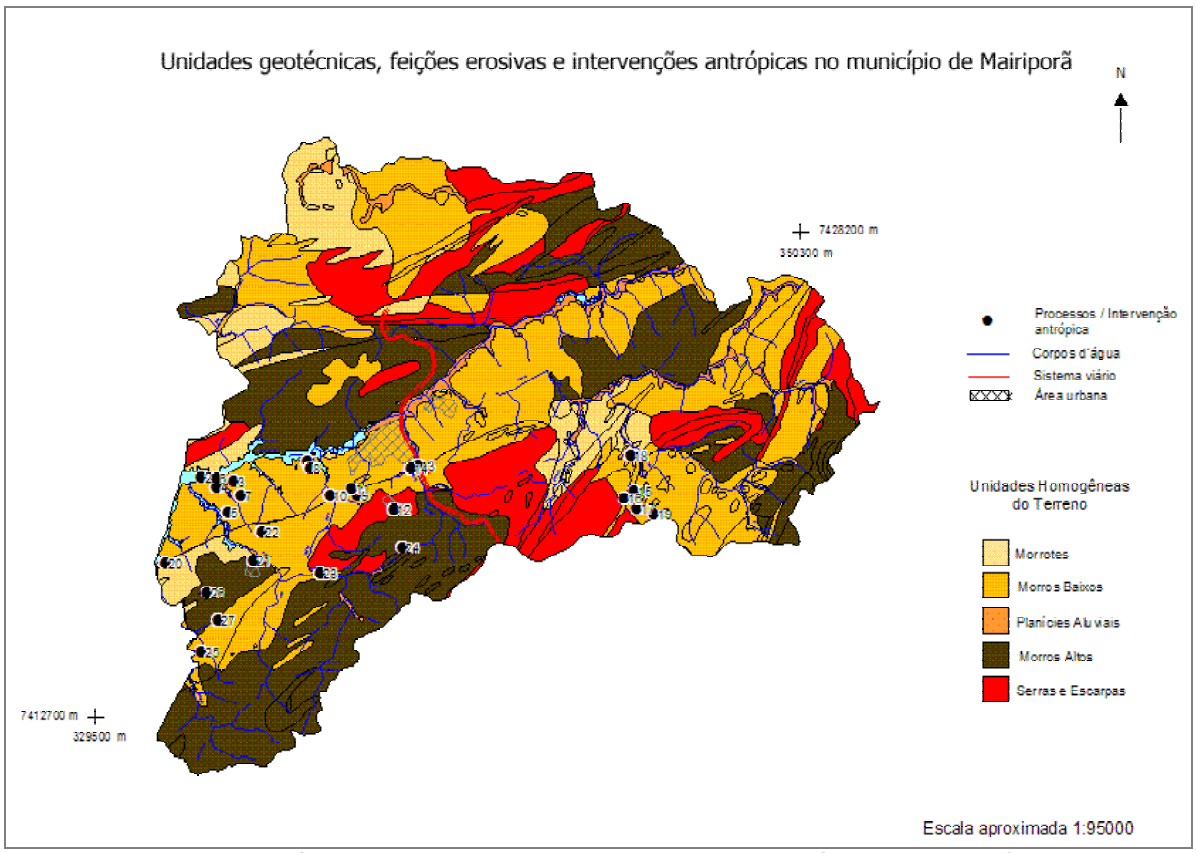

Figura 3 – Unidades geotécnicas, feições erosivas e intervenções antrópicas no município de Mairiporã (IPT, 2004).

RESULTADOS

A origem e evolução dos processos erosivos dependem fundamentalmente das condições locais de ocorrência, tanto no que se refere aos elementos do meio físico (solo, relevo, substrato, intensidade e freqüência das precipitações pluviométricas), como das modificações introduzidas pela expansão urbana, seja pela ausência de planejamento e ou manutenção da infra-estrutura.

A supressão da vegetação, ações de corte e aterro para estruturação de sistema viário e habitacional e impermeabilização do solo constituem as principais intervenções antrópicas que promovem novos processos ou novos balanços nos sistemas geomorfológicos conforme igualmente destaca RODRIGUES (2004). Esses processos aceleram o desenvolvimento de sulcos, ravinas, boçorocas, escorregamentos em taludes de corte e solapamento de margens fluviais, provocando o desequilíbrio da dinâmica da paisagem.

O mapeamento apresentado neste trabalho, na escala 1:50.000, constitui em importante instrumento de planejamento para a definição e adoção de diretrizes no controle e prevenção dos processos erosivos.

O sistema de Banco de Dados com as informações sobre os principais tipos de intervenções antrópicas de cada município, associado à base cartográfica, em sistema georreferenciado, permite a atualização dos dados (inserção de novas feições que venham ser identificadas ou indicar aquelas que foram objetos de obras de controle), auxiliando no monitoramento dessas áreas.

Dentre as diretrizes propostas, destacam-se as medidas corretivas, que garantem a estabilização da evolução dos processos, bem como recuperação de áreas degradadas e,

medidas preventivas, que evitam a deflagração dos processos erosivos, tendendo à minimização da produção de sedimentos.

As medidas corretivas consistem na execução de um conjunto de obras, cuja finalidade primordial é evitar ou diminuir a energia do escoamento das águas pluviais sobre terrenos desprotegidos, que pode ser alcançado com obras de sistema de drenagem tais como: pavimentação de ruas, guias, sarjetas, boca de lobo e galeria de águas pluviais. Ressalta-se que na elaboração de projetos de controle de erosão, a análise da bacia de contribuição é fundamental.

Já o controle preventivo de erosões e da produção de sedimentos em áreas urbanas consiste basicamente no planejamento dos vetores de expansão e, em caso de áreas já ocupadas, na redução dos efeitos negativos da ocupação desprovida de planejamento. Incorporado a isso, o conhecimento das peculiaridades geológico-geomorfológicas do terreno ganha importância quando adotadas medidas para minimizar a produção e o aporte de sedimentos.

A Tabela 2 lista as principais medidas corretivas e preventivas propostas neste trabalho .

Tabela 2 - Principais medidas corretivas e preventivas (IPT, 2004)

Algumas medidas corretivas	Algumas medidas preventivas
Microdrenagem: evitar o escoamento direto sobre o solo, por meio de estruturas de captação e condução das águas superficiais.	Evitar ao máximo a exposição dos solos de alteração.
Macrodrenagem: melhorar as condições de escoamento para minimizar os problemas de erosões, assoreamento e inundações ao longo dos principais talvegues.	Evitar o parcelamento do solo em setores de vertentes de alta declividade
Obras de extremidade: reduzir a velocidade das águas.	Proteger os taludes de corte, aterros e áreas terraplenadas em geral.
Pavimentação: evitar erosão laminar e em sulcos, nas ruas onde a declividade é maior, assegurando a adequada eficiência do sistema de microdrenagem.	Implementar revestimento no leito viário, principalmente quando em solo de alteração.
Estabilização dos taludes ou aterro da boçoroca: proteger os taludes resultantes contra a erosão promovida pelas chuvas e contra possíveis escorregamentos	Prever na concepção de novos projetos loteamentos, sistema de drenagem das águas pluviais ao longo do sistema viário, para evitar o desencadeamento de feições erosivas
Revegetação: proteger o solo descoberto pelo movimento de terra do impacto direto das gotas de chuvas, além de conter e dispensar o escoamento superficial concentrado.	Prever o lançamento das águas pluviais em trecho estável do curso d'água natural, por meio de sistemas de dissipação de energia
Disciplinamento das águas subterrâneas: drenar as águas subsuperficiais de modo a impedir o arraste pelo "piping".	Prever área para colocação de materiais de desaterro (bota- fora controlado) dentro do loteamento.
Conservação das obras: inspecionar periodicamente as condições das estruturas hidráulicas, e monitorar o funcionamento dos drenos e filtros.	Prever a proteção das margens dos cursos d'água, para evitar o processo de solapamento e diminuir o aporte de sedimentos diretamente para o canal fluvial; Construir estruturas de retenção de sedimentos nos pontos de saída das águas do loteamento, com a devida manutenção, por meio de limpeza e remoção periódica dos sedimentos

Embora se tenha tomado como ponto de partida a caracterização individualizada por município, destaca-se que o gerenciamento das áreas deve ser feito por bacia hidrográfica, ainda que ultrapasse os limites municipais.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. K. Visão integrada da problemática da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 3, Maringá. **Livro guia**... Maringá: ABGE, 1985. 332p.

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO S. A.- EMPLASA. **Programa emergencial de controle de enchentes na Região Metropolitana da grande São Paulo (RMSP)**. São Paulo: EMPLASA, 1996.

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO DA GRANDE SÃO PAULO S. A. - EMPLASA. **Diretrizes e medidas para recuperação de áreas degradadas da sub-região Pinheiros – Pirapora**. São Paulo: EMPLASA, 2003.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FUSP. **Relatório de situação dos recursos hídricos: bacia do Alto Tietê**. São Paulo: FUSP, 1999. 64p.

FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FUSP. **Plano de bacia - Bacia hidrográfica do Alto Tietê**. São Paulo: FUSP, 2001.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Diagnóstico da situação e diretrizes para prevenção e controle dos processos erosivos como base técnica para conservação dos recursos hídricos na bacia do Alto Tietê – UGRHI 6**: IPT, 2004. (Relatório Técnico, 67.146).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Subsídios do meio físico para o planejamento do desenvolvimento da irrigação na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê**. Relatório Técnico, 44.667. São Paulo: IPT, 2000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo – bacias do Alto Tietê e Baixada Santista**. Relatório Técnico, 32.280. São Paulo: IPT, 1994.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Erosão e assoreamento nas bacias dos rios Tietê e Pinheiros na Região Metropolitana de São Paulo: diagnóstico e diretrizes para a solução integrada do problema**. Relatório Técnico, 30.796. São Paulo: IPT, 1992.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. **Carta Geotécnica da Grande São Paulo. Subsídios geotécnicos para o planejamento urbano**. Relatório Técnico 19.817.São Paulo: IPT, 1984.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorfology**. Jerusalem: Ketem Pub. House, 1983.

RODRIGUES, C. A urbanização da metrópole sob a perspectiva da geomorfologia: tributo a leituras geográficas. In: CARLOS, A. F. A., OLIVEIRA, A. U. de (Org.). **Geografias de São Paulo: representação e crise da metrópole**. São Paulo: Editora Contexto, 2004. p. 89-114.

SANTOS, A. R. dos; NAKAZAWA, V. A. Erosão e assoreamento na RMSP. In: SEMINÁRIO PROBLEMAS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO, 1992, São Paulo. **Anais**... São Paulo: ABAS/ ABGE/ SBG-SP, 1992. p. 177-194.